

ОТЗЫВ
на диссертацию Цыганова Никиты Игоревича на тему
«Оптимизация древовидных транспортных систем энергетических рынков»
на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности
1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика

В диссертации рассматривается модель энергетического рынка однородного товара, состоящего из множества локальных рынков и множества связывающих их транспортных линий, транспортная структура рынка соответствует графу типа «дерево». Исследуется задача оптимизации транспортной системы такого рынка с точки зрения максимизации общественного благосостояния. Под общественным благосостоянием понимается суммарная полезность потребления энергоресурса за вычетом суммарных затрат на его добычу, транспортировку и развитие транспортной системы. Исходными параметрами задачи являются граф, характеризующий транспортную систему рынка, функции полезности потребления, функции производственных и транспортных затрат. Переменными задачи являются объемы передачи энергоресурса по линиям и объемы производства энергоресурса в узлах.

Ключевой особенностью задачи является учет фиксированных затрат при расширении линий, не зависящих от объема расширения, из-за чего задача является NP-трудной и требует разработки специальных алгоритмов решения. Доказательство NP-трудности задачи также является результатом данного исследования.

В ходе исследования показано, что исходная задача сводится к задаче поиска оптимального множества расширяемых линий, подзадачей к которой выступает вспомогательная задача с фиксированным множеством расширяемых линий. Последняя является задачей выпуклого программирования. Для нее разработан специальный алгоритм решения, обладающий значительными преимуществами в скорости решения перед стандартными методами выпуклой оптимизации, которые также могут применяться для решения вспомогательной задачи.

Несмотря на NP-трудность задачи общего вида, для некоторых частных сетевых структур доказано существование полиномиальных алгоритмов реше-

ния. Для таких структур разработаны алгоритмы решения и получены оценки их вычислительной сложности.

Также разработаны неполиномиальные алгоритмы решения задачи для различных сетевых структур для случая выполнения условия инвариантности структуры потока, при котором для каждой транспортной линии направление перетока заранее известно. Основная идея таких алгоритмов основана на использовании понятий дополненности и конкурентности линий, что позволяет при поиске оптимального множества расширяемых линий проверять специальные достаточные условия, позволяющие отбраковывать некоторые заведомо неоптимальные подмножества, тем самым сокращая перебор. Исследована среднестатистическая сложность этих алгоритмов. В ходе проведения вычислительных экспериментов установлено, что зависимость среднего числа решаемых вспомогательных задач от числа узлов в рынке аппроксимируется квадратичной функцией для каждой рассмотренной сетевой структуры.

Во второй части диссертации рассмотрены вопросы, связанные с практическим использованием исследуемой модели. Предложены методы оценки исходных параметров задачи для рынка природного газа, а также приведен пример использования разработанных алгоритмов и методов для оценки перспектив газификации Иркутской области. В ходе оценки учтена возможность подключения ТЭЦ и котельных региона к магистральному газопроводу «Сила Сибири». Определен оптимальный план развития газовой системы региона с точки зрения максимизации общественного благосостояния с учетом ущерба от загрязнения окружающей среды. Проведенные расчеты подтверждают, что разработанные алгоритмы могут применяться при планировании развития реальных энергетических рынков с большим количеством узлов и позволяют решать исходную задачу для таких рынков за разумное время.

Диссертация Цыганова Никиты Игоревича является целостным научным исследованием, в котором формулируется и строго доказывается совокупность математических теорем, разрабатывается ряд новых алгоритмов решения задач оптимизации, оценивается вычислительная сложность данных алгоритмов. Также в диссертации показывается, как полученные результаты могут быть ис-

пользованы на практике для планирования развития транспортных систем реальных энергетических рынков. Цыганов Н.И. показал умение ставить и решать сложные математические задачи, требующие глубоких знаний в методах оптимизации, теории алгоритмов, вычислительной математике, анализе данных, математическом анализе и дискретной математике, а также грамотно оформлять результаты своих исследований и создавать программное обеспечение с реализацией алгоритмов и вспомогательной среды для проведения вычислительных экспериментов.

Считаю, что диссертация Цыганова Никиты Игоревича «Оптимизация древовидных транспортных систем энергетических рынков» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (в том числе п. 11 Порядка присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук в Санкт-Петербургском государственном университете), вносит существенный вклад в науку, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук,
профессор факультета
вычислительной математики и кибернетики
Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова



А.А. Васин А.А. Васин
«20» августа 2024 г.